Lane Medical Library

Ueber die Herstellung grosser Mengen keimfreien Trinkwassers durch Chlorierung

---

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der
Medizinischen Doktorwürde
an der
Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Berlin.

Von

Karl Arndt
Oberarzt, aus Berlin

Tag der Promotion: 4. Januar 1918.

Emil Ebering, Berlin NW 7, Mittelstraße 29

1918

Gedruckt mit Genehmigung
der
Medizinischen Fakultät der Universität Berlin

Dekan: Prof. Dr. Franz
Referent: Prof. Dr. Flügge

Meinen Eltern

Nach der Einnahme von Bukarest durch die Heeresgruppe von Mackensen wurden die hiesigen hygienischen Verhältnisse, darunter auch besonders die Wasserversorgungsanlagen der Stadt durch den Armeearzt und den beratenden Hygieniker einer gründlichen Besichtigung unterzogen.

Das Ergebnis dieser Besichtigung war folgendes: Das Wasser für Bukarest wird aus 3 verschiedenen Anlagen geliefert, nämlich 1. aus dem Wasserwerk Ulmi (tiefes Grundwasser), 2. Bragadiru (tiefes Grundwasser) und 3. Bacu-Arcuda (filtriertes Wasser aus der Dambovita). Die beiden Grundwasserwerke gaben zu einer Beanstandung keine Veranlassung, da sie dauernd steriles Wasser liefern. Dagegen entsprach das Filtrierwerk Bacu-Arcuda durchaus nicht unseren hygienischen Anforderungen. Diese Anlage besteht aus 4 je einen Kilometer langen Sedimentierbecken und 4 je 500 m langen offenen Sandfiltern, von denen 2 ausbetonierte Wände, die beiden anderen Holzwände haben. Die Holzwände sind an mehreren Stellen derart schadhaft, daß der daneben befindliche Boden herabzurutschen droht. Weiter vor allem fehlt aber die Möglichkeit, die Geschwindigkeit der Filtration, namentlich jedes einzelnen Filterbeckens, zu messen. Der Hauptübelstand aber war die ungleichmäßige Korngröße der obersten Filterschicht.

Das einfachste wäre ja nun gewesen, das Filtrierwerk Bacu-Arcuda zu sperren. Dieser Weg kam aber nicht in Frage, da die von dort gelieferten Wassermengen von

10—30 000 cbm in 24 Stunden unbedingt für die Stadtversorgung gebraucht wurden. Daher galt es, eine Anlage zu schaffen, durch die mit Sicherheit das filtrierte Dambovitawasser in jeder Beziehung einwandfrei wurde. Außerdem mußte diese Einrichtung sich in kurzer Zeit mit den vorhandenen Hilfsmitteln herstellen lassen und einfach zu handhaben sein, durfte auch nicht zu teuer werden. Aus diesen Gründen kam eine Sterilisation durch Ozon oder ultraviolette Strahlen, wozu umständliche Einrichtungen erforderlich sind, nicht in Betracht, sondern ein einfaches chemisches Mittel. Eine weitere Bedingung, die an dieses Mittel gestellt werden mußte, war diese: Es mußte sicher keimtötend bei kurzer Einwirkungsdauer sein. Denn bereits nach 800 m vom Sammelbecken tritt eine Mischung des filtrierten Wassers mit dem Wasser des Wasserwerks Ulmi ein. Außerdem durfte es das Wasser in seinem Aussehen, Geruch und Geschmack nicht wesentlich beeinträchtigen, und auch in größeren Mengen im Wasser genossen nicht schädigend wirken.

Es sind nun eine ganze Reihe von solchen Mitteln angegeben. So hat Schumburg im Auftrage der Medizinalabteilung allein über 20 Mittel geprüft, und zwar zum größten Teil mit ungünstigem Ergebnis. Einzelne dieser Mittel ließen nur geringe Wirkung erkennen, andere brauchten zu lange Zeit zur Wirksamkeit, wie Kupferchlorür und H_2O_2 (24 Stunden); andere machten den Genuß unmöglich, da sie in zu großen Mengen zugesetzt werden mußten. Nach Schumburg macht Brom in einer Menge von 0,24 ccm pro Liter verwendet, in 5 Minuten das Wasser keimfrei, ohne ungünstige Nebenerscheinungen. Mit Rücksicht auf den jetzigen Mangel an Brom kam dieses Verfahren bei der hier nötigen Menge für Bukarest nicht in Frage. Die besten und zuverlässigsten Erfolge zeigte von allen Mitteln noch

der Chlorkalk. Außerdem sind in neuester Zeit mit Hilfe des Chlorgasverfahrens ausgezeichnete Erfahrungen gemacht. Wir entschlossen uns daher, die Genehmigung zu einer solchen Anlage beim Feldsanitätschef zu beantragen, während inzwischen die Sterilisierung des Wassers mit Hilfe von Chlorkalk vorgenommen werden sollte.

Die Anwendung des Chlorkalks zur Herstellung keimfreien Wassers im Großen stammt aus Amerika, wo größere Epidemien in einigen Städten (Montreal, Maidstone, Minneapolis u. a.) durch systematische Chlordesinfektion des Trinkwassers bekämpft wurden. Auch heute sind hunderte von städtischen Wasserversorgungen in Amerika auf die Reinigung von Oberflächenwasser durch Chlor bezw. chlorhaltige Stoffe begründet. Dabei wurde mit ganz geringen Mengen eine ausreichende Keimverminderung erzielt, betrug und beträgt doch je nach der Beschaffenheit des Rohwassers der Zusatz nur 1 Milligramm und weniger wirksamen Chlors auf 1 Liter bei einer Einwirkungsdauer von 1 bis mehreren Stunden.

Die ersten Versuche mit Chlorkalk in Deutschland machte Traube im Jahre 1893. Er benutzte dazu fauliges Fleischwasser und ließ 1 Milligramm Chlor pro Liter zwei Stunden einwirken. Er erzielte dabei gute Erfolge. Auf der 66. Versammlung der Naturforscher und Aerzte in Wien am 26. Dezember 1894 wurde dann von Karlinski und Katschmer über weitere Erfahrungen über das Traubesche Verfahren berichtet, nach dem 1 Milligramm freies Chlor Cholera- und Typhusbazillen abtötet und 3 Milligramm freies Chlor Milzbrandsporen in kürzester Zeit unschädlich macht. Dagegen waren nach den Arbeiten von Lode-Bassenge und Hünermann die Mengen, mit denen Traube arbeitete, zu klein. Es folgten dann noch eine ganze Reihe weiterer Versuche. Schwarz und Nachtigall fanden, daß 3 Milligramm

Chlorkalk pro Liter eine erhebliche Keimverminderung des Elbwassers herbeiführten. Nach Grimm töten 36 Teile freien Chlors auf eine Million Teile Wasser sicher Ruhr- und Typhusbazillen ab. Bruns stellte bei einem Verhältnis von 1 zu 1 000 000 bei einer Einwirkung von 10 Minuten eine deutliche Verringerung der Keime fest, bei einem Verhältnis von 1 zu 500 000 bei 3 Stunden Einwirkung sichere Abtötung der Keime. Weiter berichtet Antonowsky über Versuche mit kleinen Mengen Chlorkalk, die den Geschmack nicht beeinträchtigen, und er zeigte dabei, daß durch Neutralisation des Chlors mit Natriumthiosulfat die Ergebnisse schlechter wurden, während durch Zusatz von Wasserstoffsuperoxyd die desinfizierende Wirkung durch den einwirkenden Sauerstoff verstärkt wurde. Im Gegensatz zu ihm arbeitete Langer mit größeren Mengen Chlorkalk. Er setzte zu einem Liter Wasser 0,5 Gramm Chlorkalk zu, was etwa 0,12 Gramm aktives Chlor bedeutet. Die Wirkungsdauer betrug 10 Minuten. Darauf Bindung des überschüssigen Chlors durch 0,3 Gramm Natriumperkabonat und Filtrieren durch den Sucrofilter. Das Wasser hatte guten Geschmack und außerdem zeigte dieses Verfahren auch bei der Anwesenheit von reichlichen organischen Stoffen ausgezeichnete Erfolge. Ein weiteres, sehr sicheres, aber etwas umständliches Verfahren ist dann in letzter Zeit von Joetten angegeben worden. Er setzt zu einem Liter Wasser 300 Milligramm Osmosil (reine, keimfreie, amorphe Kieselsäure, die stark kolloide Eigenschaft besitzt), und 200 Gramm Aluminiumsulfat; nach 1—1½ Minuten wird die dadurch entstehende Fällung durch ein Moltontuchfaltenfilter abfiltriert und dann dem Filtrat 50 Milligramm Chlorkalk zugesetzt. Als Geschmackskorrigenz fügt er dann 0,5 Gramm Zitronensäure und 10 Gramm Zucker zu und erhält so ein keimfreies, wohlschmeckendes Trinkwasser. Von den genannten

Verfahren kam aber für Bukarest aus oben bereits erwähnten Gründen nur das Chlorieren mit Hilfe von Chlorkalk oder Chlorgas ohne sonstige weitere Anlagen in Frage.

Die nähere Untersuchung des Dambovitawassers zeigte nun, daß es sich für die Behandlung mit Chlor gut eignet, denn 1. ist das filtrierte Wasser klar und 2. enthält es nur wenig organische Substanzen, nämlich nur 1,6 pro Liter durch Permanganatverbrauch nachgewiesen. Diese beiden Eigenschaften sind von ausschlaggebender Bedeutung, indem nämlich durch Oxydation der organischen Substanz ein Teil der Desinfektionsmittel verbraucht wird und auch die im Wasser vorhandenen Schwebeteilchen rein physikalisch einen Teil der Mittel an sich ziehen.

Die weiteren Versuche, die im hygienischen Institut der Militärverwaltung in Rumänien in Bukarest vorgenommen wurden, zeigten hinsichtlich der keimtötenden Wirkung auf verschiedene Bakterien folgende Ergebnisse:

Kolikeime waren bei einer Chlormenge im Verhältnis von 1 zu 1,54 Millionen in 10 Minuten, Cholera asiatica bei einem Chlorzusatz von 1 zu 1,6 Millionen in 10 Minuten abgetötet. Ein dritter Versuch mit einer Mischung von Typhus-, Paratyphus A-, Paratyphus B- und Dysenteriabazillen zeigte das gleiche Ergebnis. Da das filtrierte Dambovitawasser, wie schon oben erwähnt, 800 m hinter dem Sammelbecken sich mit dem Wasser des Werkes Ulmi mischt, zu diesem Wege aber 16 Minuten braucht, so brauchten wir keine Verdünnung des Chlors vor Ablauf der notwendigen Wirkungsdauer zu fürchten.

Die Versuche wurden in folgender Weise vorgenommen:

Zu 1 Liter sterilen Wassers wurden 0,1 ccm einer frischen Kultur von Coli-, oder Typhus-, oder Ruhrbazillen usw. zugesetzt und 5—7 Stunden bei 37 Grad gelassen. Darauf wurden davon 0,1 ccm entnommen und zu 10 ccm

bezw. 50 ccm sterilen Wassers zugefügt. Eine Aussaat davon auf Endo-Agar und in Bouillon ergab, daß sich dann etwa 25 000 bis 50 000 Bazillen in 1 ccm befanden. Den oben genannten 10 ccm wurde dann klare Chlorkalklösung beigefügt, die vorher austitriert wurde, und zwar wurde mit Mengen, wie oben genannt, gearbeitet bei einer Einwirkungsdauer von 10—12 Minuten. Hierauf wurden aus dieser Lösung wieder 0,1 ccm entnommen und in 10 bezw. 50 ccm sterilen Wassers getan, und von da aus auf Platten und in Bouillon Aussaaten angelegt. Durch die Verdünnung sollte vermieden werden, daß hemmende Mengen von Chlor mit auf die Nährböden übertragen wurden. Ein Kontrollversuch bestätigte diese Annahme.

In welcher Weise ist nun diese starke Desinfektionswirkung des Chlorkalks zu erklären? Nach Klut gibt man dem Chlorkalk jetzt die Formel $Ca<^{OCl}_{Cl}$, d. h. er ist eine Verbindung des Calciums mit Salzsäure und unterchloriger Säure. Der wirksame Bestandteil bei der Desinfektion ist das Hypochlorit, das eine stark oxydierende Wirkung hat. Diese wiederum beruht darauf, daß das Hypochlorit-Ion O Cl bei der Berührung mit oxydablen Körpern, also auch Bakterien, sich in das Chlor-Ion umsetzt unter Abgabe von Sauerstoff. Dieser Sauerstoff in statu nascendi ist die Hauptsache für die Desinfektionskraft des Hypochlorits. Daher kann natürlich eine keimtötende Wirkung nur eintreten, wenn das O Cl-Ion oder der freiwerdende Sauerstoff unmittelbar mit der zu oxydierenden Bakterienzelle in Berührung kommt. Eine gründliche Mischung ist deshalb eine wichtige Vorbedingung.

Als Grundlage für unsere Anlage nehmen wir ein Verhältnis von 1 Teil Chlor zu 1 Million Teilen Wasser. Auf diese Weise haben wir die Sicherheit, daß bei Schwankungen in der Zusammensetzung des Chlorkalks oder bei wechseln-

der Menge des Wassers immer noch eine genügende Menge Chlor zur Abtötung der Keime zur Verfügung steht. Die Anlage selbst ist in folgender Weise unmittelbar am Sammelbecken des Filtrierwerkes angelegt:

In 6 großen Tonnen zu je etwa 800 Litern Inhalt wird eine 10prozentige Chlorkalklösung angesetzt. Durch geeignete Rührwerkzeuge erfolgt eine gründliche Durchmischung des Chlorkalks mit dem Wasser. Diese Lösung bleibt 10 Stunden stehen, damit ein Absetzen der unlöslichen Bestandteile des Chlorkalks wie Calciumhydrat und Calciumcarbonat stattfinden kann. Auf diese Weise erhält man dann eine klare Chlorkalklösung. Guter Chlorkalk enthält nun 37% wirksames Chlor. Bei dem gewöhnlich im Handel erhältlichen Präparat beträgt der Chlorgehalt 25—33%. Aber gewöhnlich hat er durch längeres Lagern schon einen Teil seines Chlors verloren, sodaß man meistens nur viel weniger feststellen kann. Unsere 10prozentigen Lösungen enthielten sogar im allgemeinen nur 1,1—1,6%, was wohl auf den schwankenden Chlorgehalt des Chlorkalks an sich und auf den Verlust von Chlor bei der Zubereitung zurückzuführen ist.

Die so gewonnene Lösung wird nun aus den Fässern durch in verschiedener Höhe angebrachte Hähne in Holzeimer gelassen und in 4 große Bottiche gebracht, die sich in einer Kammer über dem Sammelbecken befinden. Die Lösung wird dem Wasser mit Hilfe einer Heberleitung zugeführt, die aus Glasröhren und Gummischläuchen besteht. Zum Schutz gegen Beschädigungen ist sie auf ein Holzgestell aufmontiert. Der Zufluß wird mit Hilfe einer Klemmschraube reguliert.

Die Menge der Chlorkalklösung, die zugeführt werden muß, wird mit Hilfe einer Tabelle bestimmt. Auf dieser ist die erforderliche Menge Chlorkalklösung pro Minute für 1000 cbm Wasser eingetragen. Dabei ist mit einer Lösung

von 1,3% Chlorgehalt gerechnet, wie er als durchschnittlicher Wert nach unseren Untersuchungen festgestellt wurde.

Die nun über einen Monat lang täglich regelmäßig von der bakteriologischen Untersuchungsstelle und von mir vorgenommenen Untersuchungen des Wassers auf seinen Keimgehalt zeigten ein vorzügliches Ergebnis. Betrug vor der Chlorierung die Anzahl der Keime in 1 ccm bis zu 100 und mehr, so sank sie nach dem Chlorzusatz schließlich auf unter 5 bis auf 0.

Anfänglich zeigten sich ja zwar noch einzelne Mängel, die aber bald abgestellt wurden. So war zunächst die Messung der gelieferten Wassermenge eine derartig primitive, daß eine einigermaßen genaue Feststellung nicht zu machen war. Durch Einbauen eines geeigneten Apparates wurde dieser Fehler beseitigt. Außerdem mußte das Personal (Rumänen) erst eingearbeitet sein. Hinsichtlich der Unterbringung der nötigen Chlorkalkmengen stand eine große gedeckte Halle auf dem Gelände des Wasserwerkes zur Verfügung, sodaß dieser Witterungseinflüssen nicht ausgesetzt wird und jederzeit zur Stelle ist. Untersuchung des Personals des Wasserwerkes und Prüfung der Filter wird natürlich regelmäßig vorgenommen.

Da wir aber das Chlor nachher nicht neutralisieren, so macht sich allerdings trotz der mehrfachen Verdünnung durch die Wassermengen der beiden anderen Werke ein leichter Chlorgeruch des Wassers mitunter bemerkbar. Bei den regelmäßig vorgenommenen Untersuchungen des Wassers ließen sich auch Spuren von Chlor chemisch nachweisen. Die Bevölkerung und das Militär hat sich aber vollkommen daran gewöhnt, wenn auch von rumänischer Seite anfänglich allerlei Bedenken dagegen geäußert wurden, ja sogar in der Stadt bei den hier üblichen Darmerkrankungen eines Tages die Diagnose „Colitis chlorica“ gestellt wurde. Irgendwelchen

schädigenden Einfluß auf den menschlichen Körper haben wir indes niemals beobachtet.

Was nun das Chlorgasverfahren zur Wassersterilisation anbelangt, so stammt auch dieses aus Amerika, und zwar ist es dort in den letzten Jahren bei vielen Wasserversorgungsanlagen mit recht guten Erfolgen verwandt worden. Die ersten Versuche mit Chlorgas wurden nach Zamkow von Darnhall in Washington im Jahre 1910 gemacht. Er bediente sich dabei eines Apparates, in dem etwa 2 cbm stündlich sterilisiert wurden. Er fand dabei die Unterstützung des amerikanischen Kriegsministeriums, das die Ergebnisse seiner Versuche prüfen ließ. Dabei wurde festgestellt, daß dieses Verfahren der Ozonisierung gleichwertig ist, aber billiger. Daraufhin wurde dann die erste öffentliche Anlage von Ornstein in Wilmington im Jahre 1912 ausgeführt.

Die Einrichtung wurde dann von Ornstein noch weiter ausgebaut und verbessert. Eine wesentliche Abänderung bestand darin, daß das Chlorgas nicht mehr unmittelbar dem Wasser zugeführt wurde, sondern es wurde zunächst Chlorwasser gesondert hergestellt. Die dabei nötige Einrichtung bestand aus einem mit Koks gefüllten Hartgummizylinder. Dieses so gewonnene ziemlich konzentrierte Chlorwasser wurde dann erst dem zu behandelnden Wasser zugeführt. Dabei sollte außer dem Chlor noch der nascierende Sauerstoff bei der Abtötung der Bakterien mitwirken. Auch die Dosierung des Gases wurde durch Ornstein ganz erheblich verbessert. Die damit erzielten Erfolge waren so gut, daß darauf schon zwei Jahre später bis Ende 1915 über 150 Wasseranlagen mit Chlorgasdesinfektion angelegt waren. Darunter befindet sich auch die Riesenanlage von Philadelphia, die täglich 900 000 cbm Wasser verarbeitet. Der Chlorzusatz beträgt bei dieser Anlage 20—30 Gramm auf 100 cbm Wasser, wodurch die Zahl der Keime von etwa 25 000 in 1 ccm auf 10—40 im ccm vermindert wird.

In Deutschland wurde die Sterilisation des Wassers mit Chlorgas zuerst von Gärtner in seinem Werk „Die Hygiene des Wassers“ erwähnt. Zur Verwertung dieses Verfahrens wurde kurz vor dem Kriege eine Gesellschaft gegründet (Triton, Gesellschaft für Wasserreinigung und Wasserversorgung m. b. H.), und sie ist nun zur Einführung dieses Verfahrens übergegangen. Die Ergebnisse, die bei einer Versuchsanlage im Wasserwerk Lippstadt angestellt wurden, waren vollkommen befriedigend. Durch Untersuchungen der Versuchs- und Lehranstalt für das Braugewerbe in Berlin wurde dabei folgendes festgestellt:

Bei einer Zugabe von höchstens 25 Gramm auf 120 cbm Wasser des Lippstädter Werkes ist eine Geschmackveränderung des Wassers nicht nachzuweisen. Auch ließ sich freies Chlor chemisch nicht feststellen. Es muß also die Umsetzung des Chlors eine vollkommene sein. Dabei wurde bei einstündiger Wirkungsdauer eine Abnahme der Keime von 330 auf 6 festgestellt, d. h. also rund 98%. Jedenfalls eine Leistung, die vollkommen befriedigend ist.

Was nun die Einrichtung selbst anbelangt, so ist sie auch für große Wasserwerke sehr einfach und es ist dazu nur geringer Raum notwendig. Außerdem kann sie jederzeit in schon bestehende Anlagen eingebaut werden.

Sie besteht zunächst aus einer Stahlbombe, die ungefähr 45 kg flüssigen Chlors faßt. Das Chlorgas wird im großen nach dem sogenannten Deakonverfahren hergestellt. Dabei wird ein Gemisch von 60% Luft und 40% Salzsäuregas bei 430° über geglühten mit Kupfersulfatlösung getränkten Bimstein geleitet. Dabei werden 70% des eingeführten Salzsäuregases in Chlor usw. zersetzt. Das entstandene Gas wird getrocknet, durch Metallpumpen verflüssigt und in die oben genannten Stahlbomben gefüllt.

Die Bombe hat ein besonders konstruiertes Ventil, wodurch eine leichtere Regulierung gewährleistet wird.

Ein weiterer Bestandteil ist der Chlordosierungsapparat. Er ist auf eine Stahlplatte montiert. Er besteht aus dem Manometer zur Bestimmung des Gasdruckes in der Chlorbombe, dem Spezialgasmesser zur Bestimmung der Stärke der Gaswelle in Kilogramm Chlor und Stunde. Dazu kommen noch die Regulierventile, die aus einer Legierung bestehen, die nicht von Chlor angegriffen wird.

Der sogenannte Absorptionsturm, in dem das Gemisch aus Wasser und Chlorgas hergestellt wird, besteht aus einem Hartgummizylinder, der mit geeignetem porösen Material gefüllt ist. Die Mischung von Wasser und Gas erfolgt im Gegenstrom, d. h. das Gas kommt von unten und das Wasser rieselt von oben herab. Der Zylinder hat je nach der Größe der Anlage eine Höhe von 1,85 bis 2,45 m und einen Durchmesser von 10 bis 30 cm. Die Verbindungsleitungen sind aus Kupfer und Hartgummi. Das zur Absorption von 1 kg vergasten flüssigen Chlors erforderliche Wasser, welches dem Turm zugeleitet werden muß, beträgt rund 170 Liter.

Die ungefähre Menge Chlor, die einem Wasser zugesetzt werden soll, wird zunächst nach einer genauen Untersuchung der Beschaffenheit des Wassers in jeder Beziehung berechnet. Darauf wird die genaue Menge, die zugeführt wird, empirisch festgesetzt, und zwar wird die untere Grenze gefunden durch Feststellung der erzielten Wirkung, die obere durch Untersuchung des Reinwassers auf Vorhandensein von freiem Chlor. Die Zugabe der Chlorlösung erfolgt dann am einfachsten in einem Sammelbrunnen oder sie kann in die Druckleitung mit Hilfe einer Dosierungspumpe gebracht werden. Schließlich muß der Apparat und die Chlorbombe in einem Raum untergebracht werden, der nicht zu hohen Temperaturschwankungen ausgesetzt ist.

Die eben beschriebene Anlage läßt sich nun auch sehr leicht bei unserem Filtrierwerk einbauen, und zwar ist ein Schieberhäuschen, das sich über dem Sammelbecken befindet, zur Aufnahme der Apparate bestimmt. Um auf jede Möglichkeit einer Betriebsstörung vorbereitet zu sein, werden zwei gleiche Apparate aufgestellt, von denen nur der eine in Betrieb genommen wird, während der andere als Reserve dient. Darüber wird ein Wasserbecken von 4—5 cbm Inhalt angebracht. Dieser Behälter soll das zur Bereitung des Chlorwassergemisches nötige Wasser aufnehmen, das dann im langsamen Ablauf dem Absorptionsturm zugeführt werden soll. Eine Pumpanlage ist dann noch einzubauen, um aus dem unter dem Häuschen fließenden Strome das nötige Wasser aufzupumpen. Nach den angestellten Versuchen werden täglich höchstens 2550 Liter gebraucht, wobei auf einen Kubikmeter Wasser 0,5 Gramm Chlor gerechnet wird. Außerdem ist noch eine mechanische Regulierung der Zuführung des Chlorwassers vorgesehen. Die Menge des nötigen Chlorgases wird durch eine elektrische Vorrichtung automatisch im Verhältnis zur Wassermenge zugeführt. Die Betätigung des Kontaktes der elektrischen Anlage geschieht durch einen Schwimmer.

Leider ist die Anlage bei dem jetzigen Rohstoffmangel noch nicht fertig, sodaß zurzeit eigene Beobachtungen über sie noch nicht vorliegen. Aber mit Rücksicht auf die übrigen guten Ergebnisse ist wohl an dem Erfolge auch in Bukarest nicht zu zweifeln.

Die Vorteile, die das Chlorgasverfahren gegenüber dem Chlorkalkverfahren hat, sind folgende:

1. Der Chlorgehalt des Chlorkalkes ist recht verschieden und es zersetzt sich der Chlorkalk leicht unter Witterungseinflüssen. Dagegen haben wir es bei dem Chlorgas mit einem chemisch reinen Präparat zu tun, das in seinen Metallbomben unbegrenzt haltbar ist.

2. Die Unterbringung der Chlorkalkanlage (Lagerraum für größere Mengen Chlorkalk, Raum für Misch- und Lösungsgefäße) erfordert erheblich mehr Raum als die Chlorgasanlage, die nur wenige Quadratmeter braucht.

3. Für die Chlorkalkanlage ist mehr Personal zur Bedienung erforderlich als bei der Chlorgasanlage.

4. Eine Veränderung des Geschmackes des Wassers, wie wir sie ja auch bei uns durch den Zusatz von Chlorkalklösung mitunter feststellen, ist bisher bei dem Chlorgas nicht beobachtet worden.

5. Nach dem Kostenanschlag der Firma verteuert sich der Preis für 1 cbm Wasser um $^1/_3$ Pfennig. Durch den Zusatz von Chlorkalklösung wird der Kubikmeter Wasser um 3—4 Pfennig teurer.

Das Chlorgasverfahren ist also erheblich billiger.

Fassen wir nun kurz die Ergebnisse aus dem Vorstehenden zusammen, so haben wir folgendes:

1. Wir haben in dem Chlorkalk und dem Chlorgas ein sicheres, schnell wirkendes und verhältnismäßig billiges Mittel, um Oberflächenwasser im Großen für den Genuß keimfrei zu machen.

2. Für Anlagen, die keine längeren Vorbereitungen gestatten, wie es unter unseren Verhältnissen im Kriege der Fall war, kann vermittels einer behelfsmäßigen Chlorkalkanlage in kürzester Zeit nahezu keimfreies Trinkwasser erzielt werden. Später kann dann das Chlorkalkverfahren durch das vorteilhaftere Chlorgasverfahren ersetzt werden.

3. Für die Neuanlage von Wasserwerken anderer Art wäre unter Umständen zu empfehlen der Einbau einer Chlorierungsanlage mit Chlorgas, die, wenn nicht dauernd benutzt, so doch bei Auftreten von Seuchen wertvolle Dienste leisten würde.

Zum Schlusse erfülle ich die angenehme Pflicht, Herrn Generalarzt Prof. Dr. Schumburg für die Anregung zu dieser Arbeit und Herrn Geheimrat Prof. Dr. Flügge sowie Herrn Prof. Dr. Neisse für ihre gütige Unterstützung meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Literatur

C. Fluegge, „Grundriß der Hygiene".

Hetsch, „Lehrbuch der Militärhygiene". 1910, Band 2.

Plagge und Schumburg, Veröffentlichungen aus dem Gebiete des Militärsanitätswesens, 1900, Heft 15, „Beiträge zur Trinkwasserversorgung".

Musehold und Bischoff, „Zur Sicherstellung der Trinkwasserversorgung im Felde", Sonderdruck aus der von Leuthold' Gedenkschrift, I. Band.

G. Wesenberg, Hygienische Rundschau 1915, Nr. 8.

M. Traube, „Einfaches Verfahren, Wasser in großen Mengen keimfrei zu machen", Zeitschrift für Hygiene, 1894, Band 16.

Bericht über die 66. Versammlung der Naturforscher und Aerzte, Wiener Klinische Wochenschrift, 1894, Seite 915.

Schwarz und Nachtigall. Gesundheitsingenieur, 1912, Nr. 13.

Lode, „Die Gewinnung keimfreien Trinkwassers durch Zusatz von Chlorkalk", Archiv für Hygiene, Band 24.

Bassenge, „Zur Herstellung keimfreien Trinkwassers durch Chlorkalk", Zeitschrift für Hygiene, 1895, Band 20.

Grimm, Mitteilungen der Kgl. Versuchs- und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung, 1912.

Bruns, Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung, 1912, Nr. 27.

Antonowsky, „Zur Frage der Desinfektion von Trinkwasser

mittels minimaler Chlorkalkmengen", Zeitschrift für Hygiene, Band 72.

Schüder, „Ueber das Hünermannsche Verfahren der Wasserdesinfektion nebst Bemerkungen über die bei der Prüfung derartiger Desinfektionsmittel anzuwendenden Untersuchungsmethoden", Zeitschrift für Hygiene, Band 39.

H. Langer, „Ein neues Verfahren der Chlorkalksterilisation kleiner Trinkwassermengen", Deutsche Medizinische Wochenschrift 1913, Nr. 38.

K. W. Joetten, Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten, 1916, Band 81.

Kunow, „Die Gewinnung keimfreien Trinkwassers im Felde", Zeitschriften für Hygiene und Infektionskrankheiten, 1913, Band 75.

W. Kruse, „Zur Entkeimung von Trinkwasser im Felde", Münchener Medizinische Wochenschrift, 1915, Nr. 34.

Steffenhagen, „Ueber die Behandlung des Trinkwassers mit Chlorkalk", Hygienische Rundschau, 1914.

W. Scheffer, „Ueber einen Trinkwasserbereiter unter Verwendung des Chlorkalk-Kohleverfahrens", Veröffentlichungen aus dem Gebiete des Militärsanitätswesens, Heft 66, VIII. Teil, 1917.

Klut, „Chemisch-physikalische Untersuchungen zur Frage der Behandlung von Trinkwasser mit Chlorkalk", Mitteilung aus der Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbes., 1913, Heft 17.

Hairi, Ekrem, „Ueber den Einfluß der organischen Substanzen auf die Desinfektion des Trinkwassers mit Chlor", Zeitschrift für Hygiene, 1913, Band 75.

L. Zamkow, „Ueber die Verwendung von Chlorgas zur Sterilisation von Wasser und Abwasser". Sonderabdruck

aus der Zeitschrift für angewandte Chemie, Jahrgang 29, Nr. 33, 1916.

—, „Ueber die Anwendung von Chlorgas als Reinigungsmittel für Trinkwasser anstelle von Chlorkalk".

J. A. Kienle, „Chlorine Gas for Water Sterilization at Wilmington", Wilmington Water-Departement. Reprinted from Engineering-Record.

C. R. Darnall, „The Purification of Water by Anhydrous Chlorine", Journal of the American Public Health Association Nr. 11, November 1911.

Lebenslauf

Verfasser vorliegender Arbeit, Karl Arndt, evangelischer Konfession, Sohn des jetzigen Rechnungsrates Ludwig Arndt, wurde am 1. April 1889 zu Fürstenberg a. O. geboren. Er besuchte zunächst die Gemeindeschule, dann eine Privatschule und das Kaiser-Friedrich-Realgymnasium zu Neukölln, das er Michaelis 1908 mit dem Zeugnis der Reife verlies.

Oktober 1908 wurde er in die Kaiser-Wilhelms-Akademie für das militärärztliche Bildungswesen aufgenommen. Seiner Dienstpflicht genügte er vom 1. April 1909 bis 31. September 1909 bei der 9. Kompagnie des Kaiser-Alexander-Garde-Grenadier-Regiments Nr. 1. Im Wintersemester 1910/11 bestand er die ärztliche Vorprüfung. Am 1. September 1913 wurde er zum Unterarzt beim 8. Ostpreußischen Infanterie-Regiment Nr. 45 ernannt und gleichzeitig ein Jahr zum Kgl. Charité-Krankenhause kommandiert. Während dieser Zeit war er tätig auf der 1. Medizinischen Klinik (Geh. Rat Prof. Dr. His), der Chirurgischen Klinik (Geh. Rat Prof. Dr. Hildebrand), der Psychiatrischen Klinik (Geh. Rat Prof. Dr. Bonhoeffer) und der Augenklinik Geh. Rat Prof. Dr. Graff). Am 4. August 1914 legte er die ärztliche Staatsprüfung ab und rückte als Unterarzt beim 8. Ostpreußischen Infanterie-Regiment Nr. 45 ins Feld. Am 19. August 1914 wurde er zum Assistenzarzt befördert. Am 18. Juli 1915 wurde er zur Sanitätskompagnie 101 versetzt und von dort am 30. Januar 1916 zur Feldflieger-Abteilung 1 kommandiert. Am 25. Oktober 1916 wurde er zum Oberarzt befördert und zum Feldlazarett 6, VI, versetzt unter gleichzeitiger Kommandierung zum deutschen Generalstabsoffizier bei der

3. bulgarischen Armee. Am 17. November 1916 wurde er zum Armeearzt beim Oberkommando der Heeresgruppe v. Mackensen versetzt.

Während seiner Studienzeit besuchte er die Vorlesungen, Kliniken und Kurse folgender Herren Professoren und Dozenten: Bier, Bonhoeffer, Brieger, Bumm, Engler, Ewald, E. Fischer, Flügge, Fränkel, Franz, Freund, Frey, Gabriel, Goldscheider, Heffter, Hertwig, Heubner, Hildebrand, His, Killian, Köhler, Kraus, Krückmann, Lesser, Orth, Passow, Posner, Rubens, Rubner, Rumpel, Schulze, Schwendener, Sonnenburg, Steudel, Stier, Straßmann, Tomasczewski, Virchow, Waldeyer, Williger.

Allen diesen Herren, seinen hochverehrten Lehrern, spricht der Verfasser an dieser Stelle seinen ganz ergebenen Dank aus.